

琵琶湖流域既往最大洪水の復元による淀川水系 の治水計画の検討

The examination of the present flood control plan for the Yodo River System based on simulated flood damages by the recurrence of the largest recorded flood in Lake Biwa basin

石河康久¹・西川真介²・中西宣敬³・安田全男⁴・井町建夫⁵・田中洋一⁶・定道成美⁷

Yasuhisa ISHIKAWA, Shinsuke NISHIKAWA, Noritaka NAKANISHI, Masao YASUDA, Tatsuo IMACHI,
Yoichi TANAKA and Shigemi SADAMICHI

- ¹正会員 滋賀県琵琶湖環境部水政課 (〒520-8577 大津市京町 4-1-1)
²正会員 滋賀県琵琶湖環境部水政課 (〒520-8577 大津市京町 4-1-1)
³正会員 滋賀県土木交通部河港課 (〒520-8577 大津市京町 4-1-1)
⁴正会員 滋賀県琵琶湖環境部水政課 (〒520-8577 大津市京町 4-1-1)
⁵滋賀県東京事務所 (〒102-0093 東京都千代田区平河町 2-6-3)
⁶滋賀県琵琶湖環境部 (〒520-8577 大津市京町 4-1-1)
⁷フェロー会員 (〒331-0063 さいたま市西区プラザ 3 1-9)

People living at Lake Biwa shoreline areas have suffered from inundation damages from the ancient time, they strongly desire to relieve themselves from these damages. The largest recorded flood in Lake Biwa basin after Meiji Restoration occurred in 1896, but it occurred long time ago so that little hydrological and hydraulic data such as rainfall data, discharge data of the rivers which are basic information for preparing a flood control plan are left. Therefore we can't take this flood into consideration when we make the flood control plan for Lake Biwa basin. Based on the importance of the analysis of the largest recorded flood, we tried to collect as much data as possible about this flood and simulate this flood correctly based on collected data. And we also analyzed the damage by this flood. Due to the results of the analysis, if this flood occurred now, the water level of Lake Biwa would be higher than the present design flood level even if Setagawa Barrage, which was constructed at the outlet of Lake Biwa, were totally opened. On the other hand, the precipitation in the Kizu and Katsura River basins would be not very large, so the present river-related facilities would be enough for the prevention of the flood damage even if Setagawa Barrage were totally opened. But for the Uji River basin, it is clear that further counter measures for this flood must be taken because the discharge in the river would exceed the actual capacity of flow.

Key Words : The largest recorded flood, flood control plan, Lake Biwa, Setagawa Barrage, Yodo River, Uji River, Kizu River, Katsura River

1. はじめに

治水計画を立案する際には、まず、目標とする洪水を定める必要がある。既往洪水の流量あるいは降雨資料を収集し、これらを統計処理し、所定の安全度に対応する計画洪水が定められる¹⁾。目標とする洪水は、河川の重要度に応じて上下流、本支川でバランスを考慮して定められるが、既往最大洪水はその基本となるものである。もちろん、統計的な手法をとる場合においても解析の信頼性の観点から最大洪水は不可欠なデータであることは言うまでもない。

一方、琵琶湖沿岸は古くから浸水被害に苦しみ、この解消が現在も当地域住民の悲願となっている。琵琶湖流域の近代以降の既往最大洪水は明治 29 年(1896)に生起

しているが、治水計画検討の基本となる雨量、流量等の水理・水文資料が乏しく十分検討できず、淀川改修計画も明治 37 年以後の資料に基づき樹立されているため、治水計画立案の対象からはずされている²⁾。

琵琶湖淀川流域の洪水には、全流域の約 5 割を占める琵琶湖流域からの流入が琵琶湖に貯留され、そこからの流出河川は瀬田川のみであり、その流量が瀬田川洗堰で人為的に管理されているという特殊性が存する。このことが、長年にわたる上下流の対立の原因となり、流域の治水面の根元的課題となっている。

この研究では、既往最大洪水を分析することの重要性と琵琶湖淀川流域の洪水の特性に鑑み、明治 29 年の洪水時の水理・水文資料を広く収集し、これらに基づいてこの洪水の復元を試みる。また、この既往最大洪水が再

じる。このため、図-2のような水位のスムージング処理を行っている。また、以降の検討はこの水位を用いて行う。

(2) 洪水復元の基本的な考え方

(a) 基礎データ

明治29年の洪水に関するデータは、今回初めて集めた結果、以下のとおりである。

①流域雨量

津地方気象台管内14カ所、彦根地方気象台管内12カ所および京都地方気象台管内19カ所の雨量観測地点が存在した。これらのうち京都と彦根地点は4時間雨量の記録があるが、他は全て日雨量のみの記録である。

②流量

今回の検討の対象とする淀川各支川の当時の水位観測地点は、向島（宇治川）、上粕（木津川）、羽束師（桂川）である。明治29年洪水は断続した雨によるものであるため数回の流量ピークが存在するが、これらの地点ではその一部のピークについて、水位、流量（宇治川を除く。）およびその発現時刻の記録が残されている⁷⁾。

③琵琶湖水位

琵琶湖水位は、毎正時のデータが存在する。

④京都4時間雨量データ

明治29年洪水時の京都の4時間雨量データを図-3に示す。図からわかるようにこの洪水は、数回のピークを持つ断続的な降雨から生じている。この図から、明治29年洪水は、図中太破線に挟まれた8/30、9/6～7、9/8、9/9、9/10、9/11の6洪水に分けられるものと判断した。

(b) 洪水復元の基本的な考え方

洪水の復元の最終目標は、ハイドログラフである。ここでは、数回生じているピーク流量毎に他の既往洪水のハイドログラフを後述の方法により拡大あるいは縮小して当てはめることにより、上記6洪水のハイドログラフをそれぞれ復元し、重ね合わせることで全体のハイドログラフを復元することとした。

この復元を宇治川、木津川、桂川の各水位観測地点において行い、これらからさらに淀川本川枚方地点のハイドログラフを復元する。ただし、宇治川については、琵琶湖からの流出とそれ以外の残流域からの流出に分けて算出を行っている。すなわち、琵琶湖流出量については琵琶湖水位から算出し、残流域からの流出量については前述のあてはめの方法によった。

(3) 各洪水のピーク流量の算出

各流域の各洪水のうち実測ピーク流量が存在しない場合は、以下の方法でピーク流量を定めた。

(a) 流域平均雨量の算出

各支川の流域の主な雨量観測地点から流域平均雨量を算出する。宇治川では大津、草津、水口、上野、田邊、

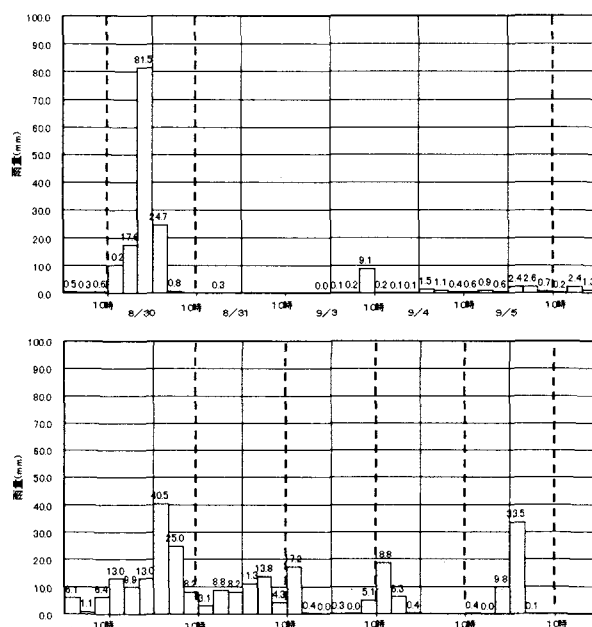


図-3 明治29年洪水時の京都雨量

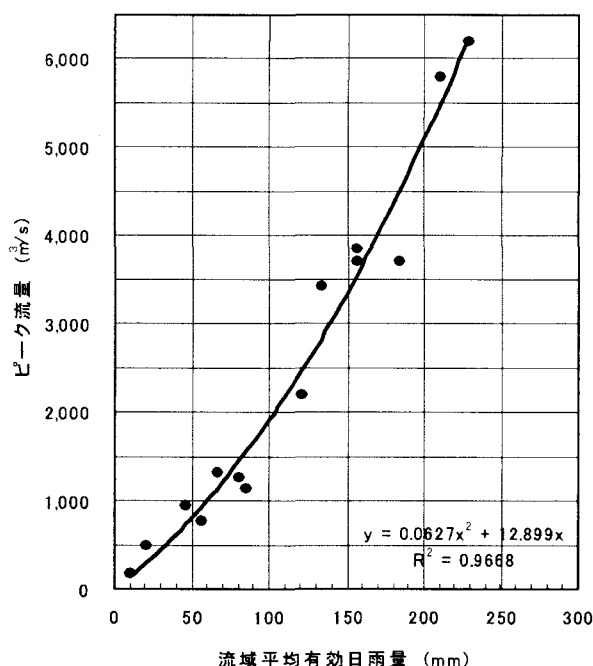
伏見および醍醐の7地点、木津川では名張および上野の2地点、桂川では太秦、亀岡、園部および周山の4地点の平均とした。図-1に算出に用いた観測地点を示す。なお、大津と草津、伏見と醍醐については観測地点が接近しているので、あらかじめ2地点での平均操作を行った後に、改めてこの平均値を含めて他の地点との平均を取っている。宇治川は、流域内の観測地点が限られていたため、上流域を流域外の水口と上野で代表させ、下流域は大津と草津の平均、伏見と醍醐の平均および田邊で代表させ、計5つの代表値から平均することとした。

得られる流域平均雨量は日雨量であるが、幸いにも明治29年洪水は前述したように日単位の洪水に分割できることから、これらを洪水毎の流域平均雨量と読み替えることができる。9/6～7洪水は2日間の合計雨量を用いる。

次に、求めた流域平均雨量から損失雨量を差し引いて有効雨量を求める。損失雨量は「淀川・大和川の洪水資料（その2）」（近畿地方建設局）⁸⁾に示された各流域における値をそのまま用いた。各流域の損失雨量は、宇治川で90mm、木津川で62mm、桂川で46mmである。なお、図-3に示すように9/8から9/11の間は連続した降雨なので損失雨量は見込んでいない。

(b) 各流域における有効雨量とピーク流量の関係

次に前述の方法により得られた有効雨量からピーク流量を求めるために、各流域における既往洪水のピーク流量と有効雨量のデータ⁸⁾を整理し、両者の相関式を曲線近似により求めた。一般に、洪水のハイドログラフは、洪水流量が大きくなるほどピークが鋭く立ち、相対的に大きなピーク流量となる傾向があることを考慮し、相関式は多項式（二次式）あるいは累乗式とした。また、有効雨量とピーク流量の関係なので原則として原点を通る



図－4 木津川における有効雨量とピーク流量の関係

曲線となると仮定し、これらの中で最も大きい相関係数を示す近似曲線を採用した。図－4に木津川の例を示す。各流域とも二次式がもっとも相関係数が大きく、全ての流域において0.95以上となっており、推定に十分な精度は確保できていると考えられる。ただし、桂川は二次の係数はほぼ0、すなわち一次式と見なせた。これらの式を用いて、有効雨量からピーク流量を求めることとした。

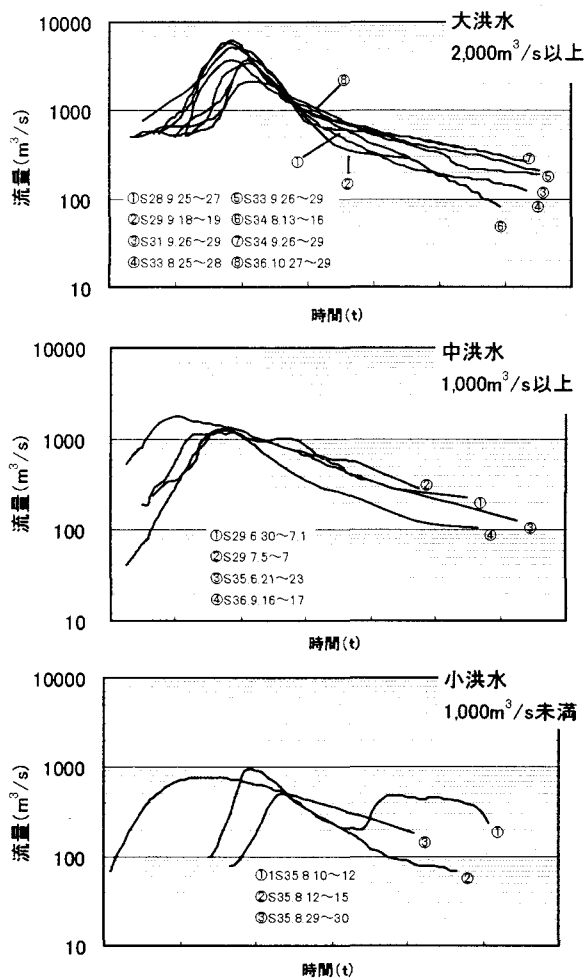
(4) 各流域の洪水波形の特徴

図－5に、木津川における既往洪水をピーク流量等によりパターン分け（大洪水、中洪水、小洪水）したものを示す。これらを見ると中洪水以上では、ほぼ全ての洪水波形が相似形をとることがわかる。中洪水のうちひとつおよび小洪水では明らかに波形が異なるものがあるが、これらは雨量に明確なピークが存在しない長雨タイプのものと二つの雨量ピークを持つ洪水であった。この現象は宇治川および桂川についても同様であった。

一方、図－3に示す雨量を8/30、9/6～7、9/8、9/9、9/10、9/11の6洪水毎に分けて見ると、9/8を除いては明確なピークをひとつ持つ雨量パターンであることがわかる。

したがって、長雨タイプのものと二つの雨量ピークを持つ洪水を除く同程度のピーク流量を持つ既往洪水のハイドログラフを、ピーク流量が一致するように拡大あるいは縮小してやれば明治29年の各洪水の復元が可能であることがわかる。ただし、9/8については同様の雨量パターンを持つ洪水を慎重に選択する必要がある。

こうした手順により6洪水毎にハイドログラフを選択したら、次にこれらを時間軸に当てはめ、重ね合わせを行う。この際にピーク発現時刻をどこに合わせるかが問



図－5 木津川の洪水パターン

題となる。ここでは既往洪水における雨量ピークの終了時間と流量ピークの発現時間の差を整理し、流域毎に平均的な遅れ時間、具体的には宇治川では3時間、木津川では4時間、桂川では9時間の遅れ時間を設定した。

(5) 琵琶湖放流量の算出方法

前述のとおり、宇治川の流量は琵琶湖からの流出とそれ以外の残流域からの流出に分けて算出を行っている。ここでは琵琶湖流出量の求め方について説明する。琵琶湖水位の時間データ（図－2）が存在するので、これから流出量を算定する。明治29年当時には、洗堰は存在せず、琵琶湖の水は人為的にコントロールされることなく、鳥居川を経て宇治川へと流出していた。金森⁹⁾によれば、鳥居川水位に対する流出量は次式で与えられる。

$$Q = 52.73(h + 0.94)^2 \quad (1)$$

この式を用いて実績水位から琵琶湖流出量を算定する。図－2中の琵琶湖流出量は実測水位から式(1)を用いて算定した値である。流出量は最高水位3.76m時に1,155m³/sを記録している。

(6) 既往最大洪水の復元

最後に、流域毎に求められたハイドログラフを重ね合わせることで淀川本川のハイドログラフを求める。

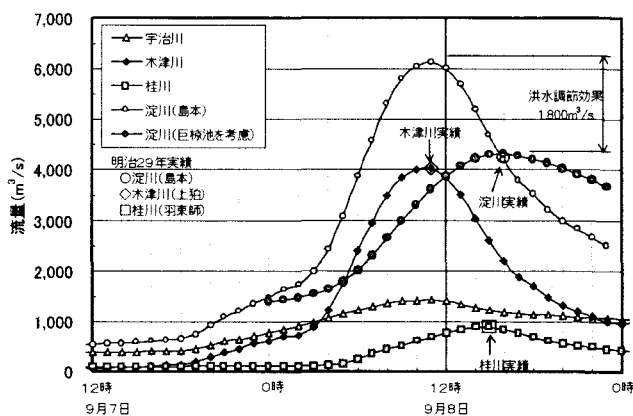


図-6 明治29年洪水の再現

この際も各支川の基準点におけるピーク発現時刻と淀川本川におけるピーク発現時刻の差が必要となる。これについても既往洪水におけるこの遅れ時間を整理し、平均的な値を採用している。図-6に以上の方法により求めた各支川および淀川本川のハイドログラフを示した。なお、各支川のハイドログラフは比較のため、遅れ時間を考慮して、全て淀川（枚方地点）の時刻に合わせてあるので、淀川流量は三川流量の合計となっている。図中に各支川の実測のピーク流量を示しているが、再現値は流量、ピーク時刻とも実績値とほぼ一致している。

図-6中の淀川（島本）流量は、これまで述べた手法による計算値を示したが、これによればピーク流量は6,147 m^3/s 、その発現時刻は7日11時となり、図中の実績ピーク流量4,240 m^3/s ピーク発現時刻16時とは一致していない。この差異から考えて、明治29年に合流地点付近に存在した巨椋池が調整池の役割を果たしたと考えられる。紙面の関係で詳細は述べられないが、この際、巨椋池には約8,200万 m^3 もの河川水がここで貯留され、その洪水調節効果は約1,800 m^3/s と巨大なものであったと試算される。この貯留効果を考慮すると枚方地点の復元値は流量、ピーク時刻とも実測値とほぼ一致する。

以上のように、本論文による手法で、治水計画を検討するうえで十分な精度で既往最大洪水が復元できたものと考えられる。したがって、次節では9日以降の洪水も含め、同様の手法による復元を行っている。

3. 既往最大洪水再来時の現行施設の評価

この章では、計画中有るいは現況の河川整備状況下に前章で復元した琵琶湖流域の既往最大洪水が再来した場合のシミュレーションを行う。

(1) 洗堰

旧南郷洗堰の建設は、明治29年に着工された淀川改良工事において、瀬田川の河道を掘削して疎通能力を増大し、南郷に角落し式の洗堰を設置して、瀬田川の流量と琵琶湖の水位を調節するという計画のもとに実施され、明治37年に完成した。

疎通能力の増大により、琵琶湖の常水位は0.83mから

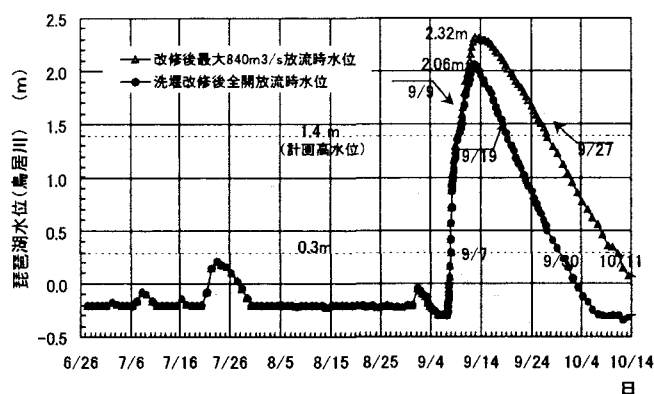


図-7 洗堰整備後の明治29年洪水時琵琶湖水位

-0.08mまで下がり、洪水時には堰を全閉して流出を止めるが、それによる湖水位上昇は20cm程度とされていた。

その後、大正6年、昭和28年をはじめ度重なる洪水に見舞われ、治水計画が見直された。昭和36年に現在の瀬田川洗堰が完成し、現在に至っている。

(2) 琵琶湖水位

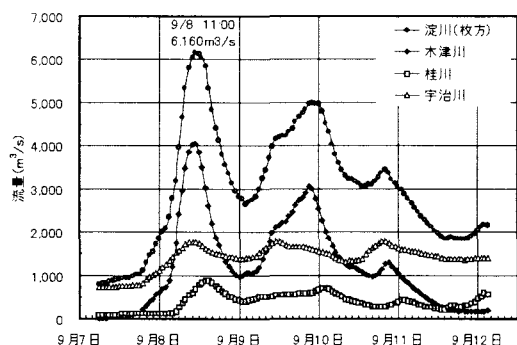
明治29年洪水再来時に、現洗堰を全開した場合の琵琶湖水位のシミュレーション結果を図-7に示す。瀬田川浚渫や洗堰等の整備により琵琶湖からの放流能力が増強された結果、琵琶湖の水位上昇は明治29年当時の3.76m（図-2）から1.7m下がり、2.06mとなるが、これは現在の琵琶湖の計画高水位1.4mをはるかに上回っている。

しかも、10日間に渡って1.4mを超えており、最高水位時には湖岸堤の天端高さである2.6mに迫っている。明治29年の洪水時には半振幅50cm程度のセイシュが観測されており、台風時には風波が生じることを考えると、湖岸堤に余裕はなく、越水が発生し、その対応が必要であると考えられる。また、琵琶湖水位が0.3m以上となると内水被害が生じるおそれがあるとされているが、23日に渡ってこの水位を超えており、この対策が不可欠である。

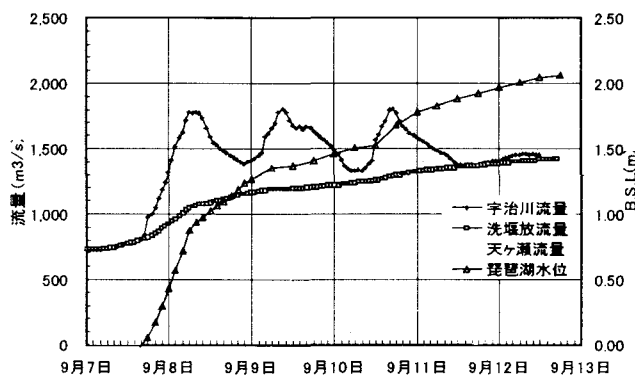
また、琵琶湖下流の宇治川は、1,500 m^3/s まで疎通能力を増大させる計画となっているが、現在その疎通能力は実現されていない。このため図-7中には、琵琶湖からの放流量を840 m^3/s に抑えた場合の水位を併せて示してある。図からわかるように、全開時には計画高水位を超える日数は10日であったものが、840 m^3/s 制限を行うと18日にもなり、最高水位もさらに20cm以上も上昇し、2.32mに達する。琵琶湖水位が0.3mを超える日数も1ヶ月以上に及ぶことがわかる。

(3) 淀川本川流量

現在の河川整備状況において琵琶湖流域の既往最大洪水が再来した場合の淀川本川および支川のシミュレーション結果を図-8に示す。図-6と同様に全て本川基準点（枚方地点）の時間に合わせてある。なお、洗堰は



図－8 現計画整備後における明治29年洪水の再現



図－9 洗堰全開時の明治29年洪水時宇治川流量

現計画整備後とし、全開で放流するものとした。

計画的に河川整備が進められた結果、現在の淀川本川（枚方地点）の疎通能力は、ほぼ9,400m³/s程度であるとされている。この洪水は琵琶湖流域には大きな雨量をもたらしたものの、木津川および桂川流域の雨量は非常に大きくはなかったため、洗堰を全開放流しても、図－8から明らかなように、淀川本川については6,160m³/sとなり、現行の河川施設の疎通能力の範囲内であることから、全閉には至らない。しかし、宇治川は疎通能力1,500 m³/s以上の洪水となる。これについては次節で考察する。

(4) 宇治川流量

図－9に洗堰全開時の洗堰放流量、宇治川流量および琵琶湖残流域流量（図中天ヶ瀬流量）を示す。図から明らかなように、宇治川流量は計画目標とされている1,500m³/sまで疎通能力が増大されても明治29年洪水を安全に流下させることができない。

しかし、これを回避するために、琵琶湖水位が急上昇しつつある中で洗堰を全閉して放流量を減少させることは、明治29年の未曾有の洪水の恐怖に戦っている県民にとっては現実には不可能である。ここでは、琵琶湖残流域からの流出量を貯留する施設による対応を想定し、その施設規模を概算してみる。図中の宇治川流量が1500m³/sを超える部分を全て貯留することができる施設であればよく、この量を計算すると約2,600万m³となる。宇治川流域の地形や現在の土地利用状況を考えると、こ

の規模の貯留施設としてはダムが考えられる。

4. おわりに

明治29年に生じた琵琶湖流域の既往最大洪水について、公開された資料からの復元を試みた。得られた復元結果は、残されていた実績データともほぼ一致しており、治水計画検討に十分な精度を有していると考えられる。

またこれを用いて、この洪水が現在再来した場合の現在の河川施設等を検証した結果、以下のことが判明した。

- ・琵琶湖の出口である洗堰を全開としても、琵琶湖水位は現在の計画高水位を66cmも超えるため、内水被害への対応はもちろんのこと、堤防越流の対応について検討する必要がある。
- ・淀川本川については、木津川および桂川流域の雨量は非常に大きくはなかったため、洗堰を全開としても現行の河川施設の疎通能力の範囲内である。
- ・宇治川については現行の計画流下能力を超えるため、ピーク流量をカットするための新たな貯留施設が必要であると考えられる。

今回の検討により、琵琶湖・淀川水系における治水計画上の課題が明らかになった。今後は、琵琶湖淀川流域に特有の洗堰全開操作の解消を目指して検討を進めていきたい。

旧南郷洗堰の設置から100年が経過した今、洗堰の全閉を前提とする、つまり上下流の対立を前提とする治水計画が根本的に転換され、長年にわたる上下流対立の解消に向かうことを願うところである。

本論文の作成にあたっては、谷本光司氏、桜井力氏、渕上吾郎氏、藤井幹大氏に多大のご協力を賜りました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省河川局：国土交通省河川砂防基準計画編，pp. 1-23，2004
- 2) 近畿地方建設局：淀川百年史，pp. 1451-1452，pp. 1074-1075，1974
- 3) 建設省河川局：淀川水系工事实施基本計画，pp. 1-20，1994
- 4) 近畿地方整備局琵琶湖河川事務所「天ヶ瀬ダム再開発計画についての説明資料」，2004
- 5) 近畿地方建設局淀川工事事務所：淀川治水史（琵琶湖関係），pp. 63-70，1969
- 6) 近畿地方建設局琵琶湖工事事務所：琵琶湖水文資料水位・流量Ⅲ（1874-1975）水位（島居川）集計リスト，1977
- 7) 淀川大和川洪水連絡会：淀川・大和川の洪水資料（その一），pp. 1-428，1960
- 8) 近畿地方建設局：淀川・大和川の洪水資料（その二），pp. 1-138，1964
- 9) 金森鉄太郎：瀬田川に於ける流量曲線の時間的変遷，土木学会誌，第2巻，第1号，pp. 93-189，1916

（2004.9.30 受付）